

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-198003

(43)Date of publication of application : 11.07.2003

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
H01F 10/14
H01F 10/32
H01L 27/105
H01L 43/12

(21)Application number : 2001-396212

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 27.12.2001

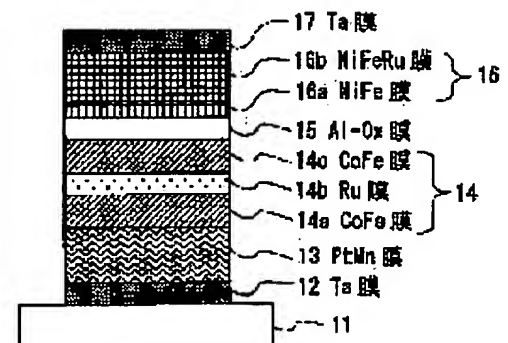
(72)Inventor : MIZUGUCHI TETSUYA
BESSHO KAZUHIRO

(54) MAGNETORESISTIVE EFFECT DEVICE, ITS MANUFACTURING METHOD, AND MAGNETIC MEMORY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistive effect device which is equipped with a free layer that can be restrained from increasing in a coercive force without accompanying hindrance caused by a reduction of a film in thickness and reduced in power consumption when information is written.

SOLUTION: A magnetoresistive effect device is equipped with a free layer 16 in which the direction of magnetization can be freely reversed, and the magnetoresistive effect device records information by the use of a change of the direction of magnetization in the free layer 16. The free layer 16 is a laminated structure composed of, at least, two layers. The laminated structure is composed of two layers, one is a ferromagnetic layer 16a and the other is a low saturation magnetization ferromagnetic layer 16b having a lower saturation magnetization than the ferromagnetic layer 16a.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.06.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-198003
(P2003-198003A)

(43) 公開日 平成15年7月11日 (2003.7.11)

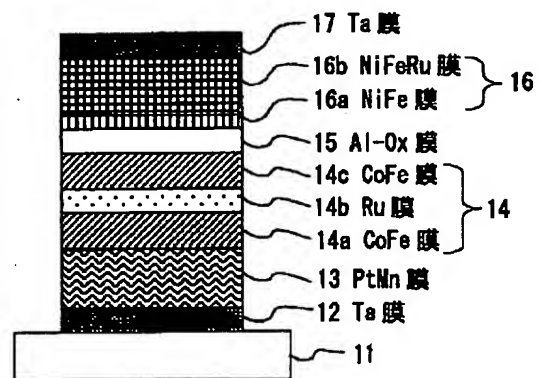
(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 5 E 0 4 9
H 0 1 F 10/14		H 0 1 F 10/14	5 F 0 8 3
	10/32	10/32	
H 0 1 L 27/105		H 0 1 L 43/12	
43/12		27/10	4 4 7
		審査請求 有	請求項の数 9 O L (全 7 頁)
(21) 出願番号	特願2001-396212(P2001-396212)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成13年12月27日 (2001. 12. 27)	(72) 発明者	水口 徹也 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	別所 和宏 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(74) 代理人	100086298 弁理士 船橋 國則
		Fターム(参考)	5E049 AA01 AA07 AC05 BA06 5F083 FZ10 GA05 JA60

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子およびその製造方法並びに磁気メモリ装置

(57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗効果素子が備える自由層について、薄膜化による障害等を伴うことなく、その自由層の保磁力増大の抑制を可能とし、これにより情報書き込み時の低消費電力化を実現可能とする

【解決手段】 磁化方向の反転が可能な自由層16を備え、当該自由層16における磁化方向の変化を利用して情報記録を行う磁気抵抗効果素子において、前記自由層16を少なくとも二層からなる積層構造とする。そして、その積層構造は、少なくとも一層が強磁性体からなる強磁性体層16aであり、他の少なくとも一層が当該強磁性体層16aよりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層16bであるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁化方向の反転が可能な自由層を備え、当該自由層における磁化方向の変化を利用して情報記録を行う磁気抵抗効果素子において、

前記自由層は、少なくとも二層からなる積層構造を有しており、

前記積層構造は、少なくとも一層が強磁性体からなる強磁性体層であり、他の少なくとも一層が当該強磁性体層よりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 前記低飽和磁化強磁性体層は、飽和磁化がゼロであることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 前記低飽和磁化強磁性体層は、飽和磁化が予め設定された所定の値であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 前記低飽和磁化強磁性体層は、前記強磁性体層の形成材料に当該形成材料とは異なる元素の材料が添加されたものからなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 前記低飽和磁化強磁性体層は、前記強磁性体層の形成材料であるニッケル-鉄系合金に、ルテニウム、タンタル、アルミニウム、銅、クロム、バナジウム、タングステン、ニオブ、チタン、ケイ素、ロジウム、モリブデン、マンガンうちの少なくとも一つの元素を含む材料が添加されたものからなることを特徴とする請求項 4 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 前記自由層は、非磁性の中間層に隣接して配されとともに、前記積層構造を構成する各層のうちの前記中間層に接する層が、前記各層の中で最も高い磁気抵抗効果を生じさせる高磁気抵抗効果材料からなることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 前記高磁気抵抗効果材料は、ニッケル-鉄系材料、コバルト-鉄系材料またはニッケル-鉄-コバルト系材料のいずれかであることを特徴とする請求項 6 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 磁化方向の反転が可能な自由層を備え、当該自由層における磁化方向の変化を利用して情報記録を行う磁気抵抗効果素子の製造方法であって、

前記自由層の成膜工程として、強磁性体からなる強磁性体層を成膜する工程と、前記強磁性体層よりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層を成膜する工程とを含むことを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 9】 磁化方向の反転が可能な自由層を備えた磁気抵抗効果素子を具備し、当該磁気抵抗効果素子の自由層における磁化方向の変化を利用して情報記録を行うように構成された磁気メモリ装置において、

前記自由層は、少なくとも二層からなる積層構造を有しており、

前記積層構造は、少なくとも一層が強磁性体からなる強

磁性体層であり、他の少なくとも一層が当該強磁性体層よりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層であることを特徴とする磁気メモリ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、外部から加える磁界によって抵抗値が変化するという、いわゆるMR (Magnetoresistive) 効果を生ずる磁気抵抗効果素子およびその製造方法、並びにその磁気抵抗効果素子を用いて情報を記憶するメモリデバイスとして構成された磁気メモリ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、メモリデバイスとして機能する磁気メモリ装置の一つとして、MRAM (Magnetic Random Access Memory) が注目されている。MRAMは、巨大磁気抵抗効果 (Giant Magnetoresistive; GMR) 型またはトンネル磁気抵抗効果 (Tunnel Magnetoresistive; TMR) 型の磁気抵抗効果素子を用い、その磁気抵抗効果素子における磁化方向の反転を利用して情報記憶を行うものである。

【0003】MRAMに用いられる磁気抵抗効果素子は、例えばTMR型のものであれば、強磁性体からなる自由層と、絶縁体からなる非磁性の中間層と、強磁性体からなる固定層と、その固定層の磁化方向を直接的または間接的に固定するための反強磁性層とが順に積層されてなり、自由層における磁化方向によってトンネル電流の抵抗値が変わるように構成されている。これにより、MRAMでは、磁気抵抗効果素子における自由層の磁化方向に応じて、磁化がある方向を向いたときは「1」、他方を向いたときは「0」といった情報記憶を行うことが可能となる。一方、記憶した情報の読み出しは、トンネル電流の抵抗値の変化を通じて自由層の磁化方向の違いを電圧信号として取り出すことによって行う。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようなMRAMにおいては、その集積度を上げるために、磁気抵抗効果素子のサイズ (平面上における面積) が小さくなる傾向にある。したがって、磁化方向の反転 (スイッチング動作) を行う自由層のサイズも、当然に小さくなる傾向にある。ところが、自由層が小さくなると、これに伴ってその両端縁間の距離、すなわち自由層における磁極の間隔も小さくなるため、その自由層に生じる反磁界が大きくなってしまふ。この反磁界は、外部から自由層に加えた磁界を減少させるものである。そのため、反磁界は、自由層における保磁力に大きな影響を与え、これが増大すると、より大きな磁界を与えなければ自由層がスイッチング動作を行わなくなってしまう。つまり、反磁界が増大すると、自由層への磁界発生のために電極層に印加する電流量も大きくする必要が生じてしまい、結果として情報書き込み時の消費電力が大きくなってし

まうのである。

【0005】このような反磁界による保磁力増大を抑制するためには、例えば、自由層のモーメント（自由層を形成する強磁性材料の飽和磁化 M_s とその自由層厚さ t との積）を小さくし、これにより反磁界の素子寸法依存性を緩和することが考えられる。反磁界 H_d と、モーメント $M_s \times t$ と、磁気抵抗効果素子に磁界を加える方向の寸法 W （通常は磁化容易軸方向）との間では、 $H_d = A \times M_s \times t / W$ （ A は比例係数）の関係が成り立つからである。ただし、自由層を形成する強磁性材料については、MR比に大きな影響を及ぼすことから、その変更が容易ではない。そのため、自由層のモーメントを小さくするためには、自由層の厚さを薄くすることで対応する必要がある。

【0006】しかしながら、自由層の厚さをあまりに薄くすると（例えば1~2nm程度）、自由層が連続膜でなくなったり、熱安定性が低下したりする等の障害が生じるおそれがある。つまり、単に自由層を薄型化するには限界があるため、必ずしもその薄型化によって反磁界による保磁力増大を抑制し得るとは言えない。

【0007】図6には、Ta（タンタル）膜/NiFe（ニッケル-鉄系合金）膜/Ta膜を積層した場合におけるNiFe膜の飽和磁化の厚さ依存性を示す。図例からも明らかなように、NiFe膜の飽和磁化は、ある厚さ（例えば2nm程度）より薄くなると、一定値を維持できずに急激に低下する。これは、膜厚が薄くなると、NiFe膜が例えば島状となって連続膜でなくなり、また隣接層からの熱拡散の影響を受けていることに起因するためと考えられる。また、仮に飽和磁化が低下することを利用してモーメントの小さな自由層を得たとしても、そのモーメントは1nm程度の膜厚の間で大きく変化するため、再現性やばらつき等の点で問題が生じることになる。これらのことから、自由層の薄型化には限界があると言える。

【0008】そこで、本発明は、以上のような従来の実情に鑑みて、自由層の薄膜化による障害等を伴うことなくその自由層の保磁力増大の抑制を可能とし、これにより情報書き込み時の低消費電力化を実現可能とする磁気抵抗効果素子およびその製造方法並びに磁気メモリ装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係る磁気抵抗効果素子は、上記目的を達成するために案出されたもので、磁化方向の反転が可能な自由層を備え、当該自由層における磁化方向の変化を利用して情報記録を行う磁気抵抗効果素子において、前記自由層は、少なくとも二層からなる積層構造を有しており、前記積層構造は、少なくとも一層が強磁性体からなる強磁性体層であり、他の少なくとも一層が当該強磁性体層よりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層であることを特徴とする。

【0010】また、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法は、磁化方向の反転が可能な自由層を備え、当該自由層における磁化方向の変化を利用して情報記録を行う磁気抵抗効果素子の製造方法であって、前記自由層の成膜工程として、強磁性体からなる強磁性体層を成膜する工程と、前記強磁性体層よりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層を成膜する工程とを含むことを特徴とする。

【0011】また、本発明に係る磁気メモリ装置は、磁化方向の反転が可能な自由層を備えた磁気抵抗効果素子を具備し、当該磁気抵抗効果素子の自由層における磁化方向の変化を利用して情報記録を行うように構成された磁気メモリ装置において、前記自由層は、少なくとも二層からなる積層構造を有しており、前記積層構造は、少なくとも一層が強磁性体からなる強磁性体層であり、他の少なくとも一層が当該強磁性体層よりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層であることを特徴とする。

【0012】上記構成の磁気抵抗効果素子、若しくは上記手順の製造方法によって構成された磁気抵抗効果素子、または上記構成の磁気メモリ装置によれば、自由層が少なくとも二層からなる積層構造を有しているとともに、その積層構造は強磁性体層とこれよりも小さい飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層とを有している。したがって、低飽和磁化強磁性体層の分だけ実質的に自由層の飽和磁化に影響を及ぼす厚さが減少するので、自由層全体を強磁性体の一層構造とした場合に比べて保磁力増大が抑制されることになる。しかも、低飽和磁化強磁性体層によって強磁性体層における膜の連続性等も補われるので、自由層全体を薄膜化した場合のような障害等を招くこともない。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明に係る磁気抵抗効果素子およびその製造方法並びに磁気メモリ装置について説明する。ここでは、磁気抵抗効果素子としてTMR型スピンバルブ素子（以下、単に「TMR素子」という）を、また磁気メモリ装置としてTMR素子を具備したMRAMを、それぞれ例に挙げて説明する。

【0014】〔磁気メモリ装置の概要〕まず、はじめに、本発明に係る磁気メモリ装置全体の概略構成について説明する。図1は、MRAMの基本的な構成例を示す模式図である。MRAMは、マトリクス状に配された複数のTMR素子1を備えている。さらに、これらのTMR素子1が配された行および列のそれぞれに対応するように、相互に交差するワード線2およびビット線3が、各TMR素子1群を縦横に横切るように設けられている。そして、各TMR素子1は、ワード線2とビット線3とに上下から挟まれた状態で、かつ、これらの交差領域に位置するように、それぞれが配置されている。なお、ワード線2およびビット線3は、Al（アルミニウム）、Cu（銅）またはこれらの合金等の導電性物質

を、化学的または物理的に堆積した後に選択的にエッチングする、といった周知の手法を用いて形成されるものとする。

【0015】図2は、MRAMを構成する単一のTMR素子部分の構成例を示す模式図である。それぞれのTMR素子部分では、半導体基板4上に、ゲート電極5、ソース領域6およびドレイン領域7からなる電界効果トランジスタが配設され、さらにその上方に、ワード線2、TMR素子1およびビット線3が順に配設されている。このことから明らかなように、TMR素子1は、ワード線2とビット線3との交差点において、これらワード線2およびビット線3に上下から挟まれるように配されている。なお、TMR素子1は、バイパス線8を介して電界効果トランジスタと接続している。

【0016】このような構成により、MRAMでは、TMR素子1に対して、ワード線2およびビット線3の両方に電流を流すことによって合成電流磁界を発生させ、その合成電流磁界を用いてTMR素子1における自由層の磁化方向を変化させることにより、情報の書き込みを行う。また、TMR素子1からの情報の読み出しは、電界効果トランジスタを用いてTMR素子1の選択を行い、そのTMR素子1における自由層の磁化方向を電圧信号として取り出すことによって行う。

【0017】〔磁気抵抗効果素子の構成〕続いて、このようなMRAMに用いられるTMR素子1自体の構成について説明する。TMR素子1は、強磁性体からなる自由層と、絶縁体からなる非磁性の中間層と、強磁性体からなる固定層と、その固定層の磁化方向を直接的または間接的に固定する反強磁性層とが順に積層された、いわゆる強磁性トンネル接合(Magnetic Tunnel Junction; MTJ)と呼ばれる構造を有したもので、自由層における磁化方向の変化を利用して情報記録を行うとともに、その磁化方向によってトンネル電流の抵抗値が変わるように構成されたものである。

【0018】図3は、TMR素子の積層構成の具体例を示す側断面図である。図例のように、TMR素子1としては、例えば基板11上に、3nm厚のTa膜12と、30nm厚のPtMn(白金マンガン)膜13と、1.5nm厚のCoFe(コバルト鉄)膜14aと、0.8nm厚のRu(ルテニウム)膜14bと、2nm厚のCoFe膜14cと、1nm厚のAl-Ox(酸化アルミニウム)膜15と、2nm厚のNiFe膜16aと、2nm厚のNiFeRu膜16bと、5nm厚のTa膜17とが、順に積層されてなる膜構成のものが挙げられる。なお、それぞれの膜厚は、一例に過ぎず、これに限定されるものではない。

【0019】このような膜構成のうち、Ta膜12は下地層として、PtMn膜13は反強磁性層として、それぞれ機能するようになっていく。また、非磁性層であるRu膜14bを介して二つのCoFe膜14a、14c

が積層された積層フェリ構造部14は、固定層としての機能を有するものである。さらに、Al-Ox膜15は中間層として機能し、Ta膜17は、保護膜として機能する。

【0020】ところで、ここで挙げたTMR素子1では、NiFe膜16aおよびNiFeRu膜16bからなる積層構造部16が、磁化方向の反転が可能な自由層として機能する。すなわち、このTMR素子1における自由層は、NiFe膜16aおよびNiFeRu膜16bの二層からなる積層構造となっている。

【0021】このうち、NiFeRu膜16bは、NiFe膜16aの形成材料であるNiFeに、そのNiFeとは異なる元素の材料であるRuが添加されたものからなる。すなわち、NiFeRu膜16bは、強磁性体であるNiFeに他元素であるRuが加えられているので、NiFeのみからなるNiFe膜16aよりも飽和磁化が小さなものとなっている。

【0022】一方、NiFe膜16aは、中間層として機能するAl-Ox膜15と隣接して配されている。これは、NiFe膜16aはスピン偏極率の高い材料であるNiFeからなり、NiFeRu膜16bよりも高いMR効果を生じさせるからである。つまり、中間層に接する部分はTMR素子1におけるMR特性に大きく影響を及ぼすため、NiFeRu膜16bよりも高MR効果材料からなるNiFe膜16aが、中間層に接する部分に配されている。

【0023】〔磁気抵抗効果素子の製造方法〕次に、以上のような構成のTMR素子1の製造方法について簡単に説明する。TMR素子1の製造にあたっては、例えば背圧を超高真空領域にまで排気したマグネトロンスパッタ装置を用いる。そして、基板11上に、Ta膜12、PtMn膜13、CoFe膜14a、Ru膜14b、CoFe膜14c、Al膜を順に積層する。その後、Al膜を高圧力下またはプラズマ中に置き、上面から酸化を促進させ、均一なAl-Ox膜15を得る。Al-Ox膜15を得た後は、再び例えばマグネトロンスパッタ装置を用いて、NiFe膜16a、NiFeRu膜16b、Ta膜17を順に成膜する。その後は、PtMn膜13の規則合金化のための熱処理等を必要に応じて行う。

【0024】このように、TMR素子1の製造にあたっては、そのTMR素子1を構成する自由層の成膜工程として、強磁性体からなるNiFe膜16aを成膜する工程と、そのNiFe膜16aよりも小さい飽和磁化のNiFeRu膜16bを成膜する工程とを含む。

【0025】このうち、NiFeRu膜16bの成膜工程では、そのNiFeRu膜16bを、例えばNiFeとRuとの同時スパッタによって成膜する。そして、その際におけるRuのスパッタレートを調整することによって、NiFeへのRuの添加量を可変させる。この添

加量の可変により、成膜後のNiFeRu膜16bは、飽和磁化がゼロ（非磁性）となったり、あるいは予め設定された所定の値となったりすることになる。

【0026】一方、NiFe膜16aの成膜工程では、そのNiFe膜16aを、例えばNiFeのみのスパッタによって成膜する。ただし、自由層がNiFe膜16aとNiFeRu膜16bとの積層構造となっていることから、従来のように自由層が強磁性体（例えばNiFe）による単層構造の場合に比べて、その膜厚を薄く形成する。具体的には、上述したように、積層構造の自由層全体が4nm厚であるのに対して、NiFe膜16aを2nm厚とするといった具合である。

【0027】〔磁気抵抗効果素子の特性〕次に、以上のような各成膜工程を含んで製造されたTMR素子1の特性について説明する。ここでは、上述したTMR素子1の自由層と同様の構造を有する積層膜について磁気特性の測定し、その測定結果を用いて当該TMR素子1の特性についての説明を行う。図4はTMR素子の特性を説明するための積層膜の一具体例を示す側断面図であり、図5はその積層膜における磁気特性の測定結果を示す説明図である。

【0028】磁気特性の測定対象となった積層膜は、図4に示すように、基板11/Ta膜12（3nm厚）/NiFe膜16a（2nm厚）/NiFeRu膜16b（2nm厚）/Ta膜17（5nm）が順に積層された膜構成のものである。なお、NiFeRu膜16bにおけるRu添加量は、上述したように、Ruのスパッタレートによって調整している。

【0029】このような膜構成の積層膜について、単位面積当たりの磁気モーメントを測定したところ、図5に示すように、その測定結果がRu添加量依存性を示すことがわかった。

【0030】すなわち、図例によれば、NiFeへのRu添加量が増えるのに従って、NiFeRu膜16bにおける磁化モーメントが低下し、これに伴い膜全体の磁化モーメントも低下しているが、Ru添加量が略25%を超えると、磁化モーメントの低下が抑制され、それ以降略一定になっている。これは、Ru添加量の増加に伴ってNiFeRu膜16b自体の磁化モーメントが消失し、NiFe膜16aの磁化モーメントのみが作用しているためと考えられる。このことは、略一定になった磁化モーメントの値が、従来のような単層構造のNiFe膜が4nm厚で形成された場合の値（図6参照）に比べて約半分程度となっていること、すなわち2nm厚のNiFe膜16a相当の磁化モーメント値となっていることからわかる。

【0031】また、Ru添加量が略25%以下という領域にあって、従来のようにNiFe膜の厚さが2nm程度以下で飽和磁化が急激に低下するのではなく（図6参照）、むしろ磁化モーメント値が増加傾向にある。こ

のことは、スピン偏極率の高い材料からなるNiFe膜16aが薄くても、問題なく機能する高スピン偏極率層が形成されていることを意味する。これは、隣接するNiFeRu膜16bが純粋な非磁性層ではないため高スピン偏極率層であるNiFe膜16aへの熱拡散が少ないこと、すなわちNiFeRu膜16bの存在によってTa膜17からNiFe膜16aへの拡散が抑制されているからであり、またNiFe膜16aが薄くてもNiFeRu膜16bがNi、Feを含むため連続膜として成立し易いからであると考えられる。

【0032】これらのことから、上述した膜構成の積層膜においては、NiFeRu膜16bにおけるNiFeへのRu添加量を調整することによって、安定し、かつ、的確に磁化モーメントを調整できると言える。したがって、かかる積層膜と同様の構造を有するTMR素子1においても、自由層全体の薄型化により自由層として機能する部分の体積の小型化等を招くことなく、安定かつ的確に磁化モーメントを調整することができ、これにより自由層の保磁力増大の抑制を行うことが可能になる。

【0033】以上のように、本実施形態のTMR素子1においては、自由層が二層からなる積層構造を有しているとともに、その積層構造がスピン偏極率の高い材料からなるNiFe膜16aとこれよりも小さい飽和磁化のNiFeRu膜16bとによって構成されている。したがって、NiFeRu膜16bの分だけ実質的に自由層の飽和磁化に影響を及ぼす厚さが減少するので、自由層全体を単層構造とした場合に比べて保磁力増大が抑制されることになる。しかも、NiFeRu膜16bによってNiFe膜16aにおける膜の連続性等も補われるので、自由層全体を薄膜化した場合のような障害等を招くこともない。

【0034】このことから、本実施形態のTMR素子1を用いてMRAMを構成すれば、そのTMR素子1における自由層の薄膜化による障害等を伴うことなく、その自由層での保磁力増大を抑制し得るので、情報書き込み時の低消費電力化が実現可能となり、MRAMの集積度向上等にも容易に対応することができる。

【0035】ところで、本実施形態のTMR素子1では、積層構造を構成するNiFeRu膜16bにおけるRu添加量によって自由層の磁化モーメントを調整できるので、そのRu添加量によってNiFeRu膜16bの飽和磁化をゼロとすれば、NiFe膜16aの厚さ分のみが実質的に自由層の飽和磁化に影響を及ぼすことになるので、結果としてその自由層での保磁力増大の抑制に非常に好適なものとなる。

【0036】一方、本実施形態のTMR素子1では、Ru添加量によって自由層の磁化モーメントを調整できるので、NiFeRu膜16bの飽和磁化を予め設定された所定の値とすることもできる。この場合には、自由層

10

20

30

40

50

での保磁力を所望値に合わせることが可能となるので、自由層全体の厚さに拘わらずに、TMR素子1の消費電力の調整等が行えるようになる。

【0037】また、本実施形態のTMR素子1は、積層構造を構成するNiFeRu膜16bが、NiFe膜16aの形成材料であるNiFeに、これとは異なる元素のRuが添加されたものからなる。したがって、上述したように、Ru添加量によって自由層の磁化モーメントの調整が可能になり、さらにはNiFe膜16aにおける膜の連続性等も補われるのでNiFe膜16aを薄くすることによる障害の発生等も確実に回避できるのである。

【0038】なお、ここでは、添加する異種元素としてRuを例に挙げて説明したが、必ずしもこれに限定されるわけではない。例えば、Ru以外にも、Ta、Al、Cu、Cr（クロム）、V（バナジウム）、W（タングステン）、Nb（ニオブ）、Ti（チタン）、Si（ケイ素）、Rh（ロジウム）、Mo（モリブデン）、Mn（マンガン）のうちのいずれか一つまたは複数の元素を含む材料を添加することも考えられ、その場合であっても上述した実施形態の場合と全く同様の効果を得られると考えられる。

【0039】さらには、NiFe膜16aの形成材料およびNiFeRu膜16bの被添加材料であるNiFeについても全く同様のことが言える。すなわち、高MR効果材料である強磁性体であれば、NiFe以外にも、CoFe（コバルト-鉄系材料）またはNiFeCo（ニッケル-鉄-コバルト系材料）のいずれかをを用いることが考えられる。

【0040】ただし、この高MR効果材料からなる高スピン偏極率層は、Al-Ox膜15等の中間層と隣接して配されていることが望ましい。中間層に接する部分は、TMR素子1におけるMR特性に大きく影響を及ぼすからである。すなわち、高MR効果材料からなる高スピン偏極率層を中間層と隣接させれば、良好なMR特性TMR素子1を構成することが可能となる。

【0041】また、自由層を構成する積層構造は、二層構造に限定されるものではなく、少なくとも一層がNiFe膜16aのような強磁性体からなる強磁性体層であ*

り、他の少なくとも一層がNiFeRu膜16bのような低飽和磁化の低飽和磁化強磁性体層であれば、他の層を加えた三層以上からなる積層構造であっても構わない。

【0042】さらにまた、本実施形態においては、磁気抵抗効果素子としてTMR素子を例に挙げて説明してきたが、自由層と固定層との間の非磁性体層がCu等で構成されたGMR型のものであっても、全く同様に適用可能であることは言うまでもない。

10 【0043】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明においては、自由層の薄層化による磁化モーメント調整と同様の効果を、その自由層の膜厚を厚くしたままで得ることができ、しかも自由層を構成する膜が不連続となることがなく、隣接層からの拡散により困難であった低モーメント化も実現できる。つまり、本発明によれば、自由層の薄層化による障害等を伴うことなく、その自由層の保磁力増大を抑制することができ、これにより情報書き込み時の低消費電力化を実現可能とすることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】MRAMの基本的な構成例を示す模式図である。

【図2】MRAMを構成する単一のTMR素子部分の構成例を示す模式図である。

【図3】MTJ構造を有するTMR素子の積層構成の一例を示す側断面図である。

【図4】TMR素子の特性を説明するための積層膜の一例を示す側断面図である。

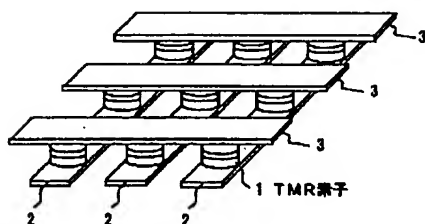
30 【図5】図4に示した積層膜における磁気特性の測定結果を示す説明図である。

【図6】従来のTMR素子に用いられる積層膜における飽和磁化の厚さ依存性を示す説明図である。

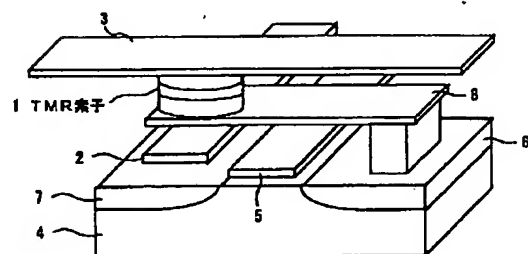
【符号の説明】

1…TMR素子、11…基板、12…Ta膜、13…PtMn膜、14a、14c…CoFe膜、14b…Ru膜、15…Al-Ox膜、16a…NiFe膜、16b…NiFeRu膜、17…Ta膜

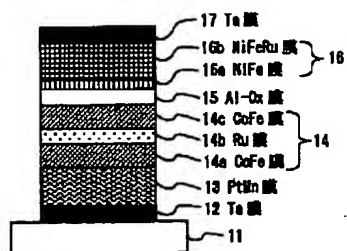
【図1】



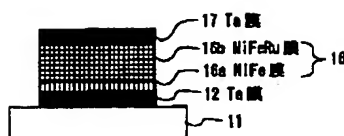
【図2】



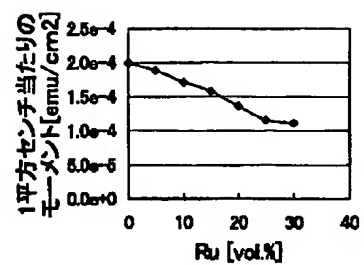
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

